

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-242943

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.Cl. H04J 14/00
 H04J 14/02
 H04B 10/02
 H04B 10/18
 H04B 10/14
 H04B 10/135
 H04B 10/13
 H04B 10/12

(21)Application number : 09-047481

(71)Applicant : KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD
<KDD>

(22)Date of filing : 03.03.1997

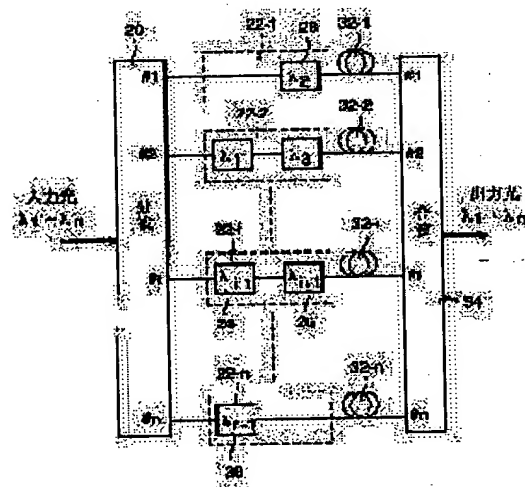
(72)Inventor : SUZUKI MASATOSHI
 MORITA ITSURO
 EDAKAWA NOBORU
 YAMAMOTO SHU
 AKIBA SHIGEYUKI

(54) WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING OPTICAL PROCESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the transmission characteristic of a wavelength division MULTIPLEXING OPTICAL transmission system.

SOLUTION: A demultiplexer 20 demultiplexes a wavelength division multiplexing optical signal having wavelengths λ_1 to λ_n into signals of respective wavelength λ_1 to λ_n and outputs these signals to channels #1 to #n. Wavelength selection filters 22-1 to 22-n consist of fiber grating parts 24 to 30. The wavelength dispersion of light transmitted through the filters 22-1 to 22-n is respectively compensated by wavelength dispersion compensating fibers 32-1 to 32-n and the compensated signals are multiplexed again by a multiplexer (wavelength multiplexer) 34.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 2 4 2 9 4 3

(43) 公開日 平成10年(1998)9月11日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

M

H 0 4 B 10/02

Q

10/18

U

10/14

審査請求 未請求 請求項の数 2 9

O L

(全 1 1 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-47481

(22) 出願日 平成9年(1997)3月3日

(71) 出願人 000001214

国際電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72) 発明者 鈴木 正敏

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信
電話株式会社内

(72) 発明者 森田 逸郎

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信
電話株式会社内

(72) 発明者 枝川 登

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信
電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 田中 常雄

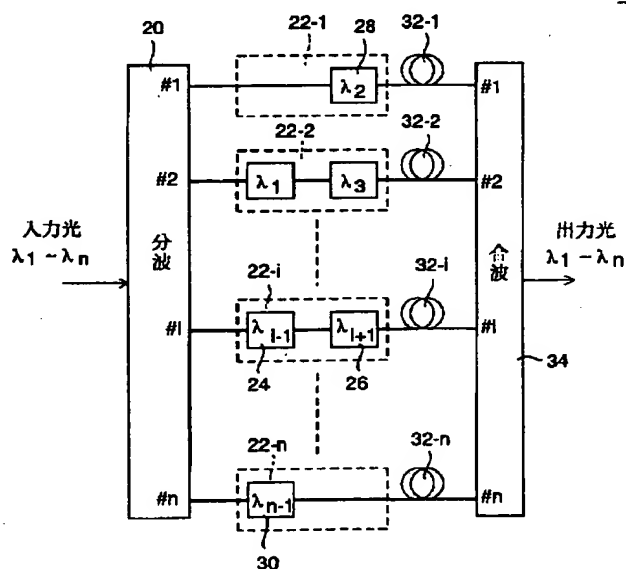
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分割多重光処理装置

(57) 【要約】

【課題】 波長分割多重光伝送方式の伝送特性を改善する。

【解決手段】 分波器 20 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長分割多重光信号を各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に分波し、チャンネル #1 ~ #n に出力する。波長選択フィルタ 22-1 ~ 22-n は、各チャンネル #1 ~ #n に割り当てられた波長に隣接する波長をほぼ完全に反射するファイバ・グレーティング 24 ~ 30 からなる。波長選択フィルタ 22-1 ~ 22-n を透過した光は、波長分散補償ファイバ 32-1 ~ 32-n で波長分散を補償され、合波器 (波長多重器) 34 により、再び、波長分割多重される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力する波長分割多重光を複数のチャンネルに分波し、当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、当該チャンネルに割り当てられた波長又は波長帯に対し所定の光処理を施した後、合波する波長分割多重光処理装置であって、複数のチャンネルのそれぞれに、割り当てられた波長又は波長帯を除く所定波長又は波長帯を選択的に除去する波長選択手段を設けたことを特徴とする波長分割多重光処理装置。

【請求項 2】 当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長又は波長帯の一方の側の波長帯の 1 以上の波長を反射する第 1 の反射手段と、当該第 1 の反射手段に縦続接続し、当該割り当てられた波長又は波長帯の他方の側の波長帯の 1 以上の波長を反射する第 2 の反射手段とからなる請求項 1 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 3】 当該第 1 及び第 2 の反射手段が、当該波長分割多重光の個々の波長を反射する 1 以上の反射素子からなる請求項 2 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 4】 当該反射素子が、グレーティング構造からなる請求項 3 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 5】 当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長又は波長帯の一方の側の隣接する 1 以上の波長を反射する第 1 の反射手段と、当該第 1 の反射手段に縦続接続し、当該割り当てられた波長又は波長帯の他方の側の隣接する 1 以上の波長を主として反射する第 2 の反射手段とからなる請求項 1 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 6】 当該第 1 及び第 2 の反射手段が、グレーティング構造からなる請求項 5 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 7】 当該複数のチャンネルの内の両端のチャンネルの当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長又は波長帯の内側の波長帯の 1 以上の波長を反射する反射手段からなる請求項 1 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 8】 当該反射手段が、当該波長分割多重光の個々の波長を反射する 1 以上の反射素子からなる請求項 7 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 9】 当該反射素子が、グレーティング構造からなる請求項 8 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 10】 当該複数のチャンネルの内の両端のチャンネルの当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長又は波長帯の内側の波長帯の 1 つの波長を反射する反射素子からなる請求項 7 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 11】 当該反射素子がグレーティング構造からなる請求項 10 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 12】 当該所定の処理が、波長分散の補償処理、ソリトン伝送用同期変調処理、利得等化、及びノイズ除去処理の何れか 1 つを含む請求項 1 に記載の波長分

割多重光処理装置。

【請求項 13】 波長分割多重光を個別の波長毎に光処理する波長分割多重光処理装置であって、

入力する波長分割多重光を、それぞれが異なる波長に対応する複数のチャンネルに分波する分波手段と、当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、当該チャンネルに割り当てられた波長以外の所定波長をブロックする波長選択手段と、

当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、所定の光処理を施す光処理手段と、

当該複数のチャンネルの出力光を合波する合波手段とからなることを特徴とする波長分割多重光処理装置。

【請求項 14】 当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長の一方の側の波長帯の 1 以上の波長を反射する第 1 の反射手段と、当該第 1 の反射手段に縦続接続し、当該割り当てられた波長の他方の側の波長帯の 1 以上の波長を反射する第 2 の反射手段とからなる請求項 13 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 15】 当該第 1 及び第 2 の反射手段が、当該波長分割多重光の個々の波長を反射する 1 以上の反射素子からなる請求項 14 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 16】 当該反射素子が、グレーティング構造からなる請求項 15 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 17】 当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長の一方の側の隣接する 1 以上の波長を反射する第 1 の反射手段と、当該第 1 の反射手段に縦続接続し、当該割り当てられた波長の他方の側の隣接する 1 以上の波長を反射する第 2 の反射手段とからなる請求項 13 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 18】 当該第 1 及び第 2 の反射手段が、グレーティング構造からなる請求項 17 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 19】 当該複数のチャンネルの内の両端のチャンネルの当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長の内側の波長帯の 1 以上の波長を反射する反射手段からなる請求項 13 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 20】 当該反射手段が、当該波長分割多重光の個々の波長を反射する 1 以上の反射素子からなる請求項 19 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 21】 当該反射素子が、グレーティング構造からなる請求項 19 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 22】 当該複数のチャンネルの内の両端のチャンネルの当該波長選択手段が、当該割り当てられた波長の内側の波長帯の隣接する 1 つの波長を反射する反射素子からなる請求項 19 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 23】 当該反射素子がグレーティング構造からなる請求項 21 に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項 24】 当該光処理手段が、波長分散の補償処

理、ソリトン伝送用同期変調処理、利得等化及びノイズ除去処理の何れか1つを実行する光学素子である請求項13に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項25】 波長分割多重光を個別の波長毎に光処理する波長分割多重光処理装置であって、
入力する波長分割多重光を、それぞれが異なる波長に対応する複数のチャンネルに分波する分波手段と、
当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、当該チャンネルに割り当てられた波長を帯域通過すると光バンドパス・フィルタ手段と、
当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、当該バンドパス・フィルタ手段の出力光から、少なくとも隣接するチャンネルの波長成分を除去する所定波長除去手段と、
当該複数のチャンネルのそれぞれにおいて、所定の光処理を施す光処理手段と、
当該複数のチャンネルの出力光を合波する合波手段とからなることを特徴とする波長分割多重光処理装置。

【請求項26】 当該所定波長除去手段が、隣接する一方の側のチャンネルの波長成分を除去する第1除去手段と、隣接する他方の側のチャンネルの波長成分を除去する第2除去手段とからなる請求項25に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項27】 当該第1及び第2の除去手段が、隣の波長成分を反射する1以上の第1反射素子と、隣の隣の波長成分を反射する1以上の第2反射素子からなる請求項26に記載の波長分割多重光処理装置。

【請求項28】 当該第1及び第2反射素子が、グレーティング構造からなる請求項27に記載の波長分割多重光処理装置。波長分割多重光処理装置。

【請求項29】 当該複数のチャンネルの内の両端のチャンネルの当該所定波長除去手段が、隣接するチャンネルの波長成分を除去する除去手段からなる請求項25に記載の波長分割多重光処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割多重光処理装置に関し、より具体的には、波長分割多重光信号の個々の波長又は波長帯を個別処理する波長分割多重光処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信システムでは、波長分割多重方式が有力視されている。波長分割多重(WDM)方式では、光ファイバ上を波長分割多重光信号が伝送するものの、中継器などでは、波長分割多重光信号を個々の波長又は一群の波長帯に分離し、利得等化又は波長分散補償等の処理を施し、再び波長分割多重化して光ファイバ上に送出することが必要になる。波長に応じて、波長分散等の伝送特性、及び中継増幅器の増幅特性等が異なり、これらを均一化する必要があるからである。

【0003】図14は、波長分割多重光信号を個々の波

長に分波して、波長分散を補償する従来例の概略構成ブロック図を示す。分波器10は波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の信号光を波長分割多重した信号光をn個に分波する。分波器10の各出力は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の1波長を主として通過するように設計された帯域通過光フィルタ12-1~12-nに入射する。例えば、帯域通過光フィルタ12-1は波長 λ_1 を主として通過し、帯域通過光フィルタ12-2は波長 λ_2 を主として通過し、以下同様に、帯域通過光フィルタ12-nは波長 λ_n を主として通過するように設計される。

【0004】帯域通過光フィルタ12-1~12-nを透過した光は、対応する波長の波長分散を補償するように設計された波長分散補償ファイバ14-1~14-nに入力し、ここで波長分散を補償される。 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長帯の波長分散を1つの波長分散補償ファイバで補償できれば、それにこしたことは無いが、波長分割多重される波長数が増えるに従い非常に困難になるので、図2に示すように個別波長(又は個別波長帯)のチャンネルに分けて、波長分散を補償する。

【0005】波長分散補償ファイバ14-1~14-nの各出力光は合波器16により合波(ここでは、波長分割多重)される。

【0006】分波器10と帯域通過光フィルタ12-1~12-nの代わりに、アレイ導波路格子(AWG)を使用することもある。AWGを使用することで、1つの素子で波長多重光信号を個々の波長に分離できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来例では、帯域通過光フィルタ12-1~12-nの出力光には、各波チャンネルに割り当てられた波長以外の成分(信号光と雑音)が多く含まれる。例えば、帯域通過光フィルタ12-2の出力光は、本来の λ_2 の他に隣のチャンネル#1の λ_1 、 λ_3 を含み、更にはその外側の波長を含む場合がある。従来例で使用される帯域通過光フィルタ12-1~12-nは、多数の誘電体膜を積層して形成されるものであり、良好な遮断特性を得るのが極めて困難である。即ち、割り当てられた波長以外の成分(信号光と雑音)が完全に除去できる程には、帯域通過特性のキレが良くない。

【0008】この結果、同じ波長光が本来のチャンネル以外のチャンネル(通常は、隣接するチャンネルであり、最も影響がある。)に含まれることになり、これらをそのまま合波したのでは、伝送特性が大幅に劣化する。

【0009】合波器16が例えばAWGからなる場合、各入力ポートの入力光の内の所定の波長光を合波出力から出力することになるので、各入力ポートの入力光の内、その入力ポートに入力すべきでない波長光を除去する機能を持つ。即ち、同一波長光が他のポートから漏れ込んでくるのを抑圧できる。しかし、その漏れ込みを抑

10

20

30

40

50

圧する能力も30dB程度であり、十分ではない。

【0010】何れにしても、異なる波長分散補償特性を具備する分散補償ファイバ14-1~14-nで分散補償された同一波長の光信号が合波されることで、伝送特性が大幅に劣化してしまう。隣接チャンネルに対して50dB以上の抑圧が要求されるが、従来例では、この要求を満たしえない。

【0011】帯域通過光フィルタ12-1~12-nのフィルタ特性のキレを良くするには、同種の帯域通過光フィルタを多段接続すればよいが、そうすると、通過損失が増えてしまう。

【0012】分波器10にAWGを使用し、更に、帯域通過光フィルタ12-1~12-nを併用することで、波長選択性を高めることもできるが、各波長光の完全分離という点では不十分である。

【0013】本発明は、このような問題点を解決した波長分割多重光処理装置を提示することを目的とする。

【0014】本発明はまた、波長分割多重伝送でも単一波長伝送とほぼ同等の伝送特性を可能にする波長分割多重光処理装置を提示することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明では、入力する波長分割多重光を複数のチャンネルに分波した後の各チャンネルに、それぞれに割り当てられた波長又は波長帯を除く所定波長又は波長帯を選択的に除去する波長選択手段を設ける。これにより、各チャンネルに割り当てられた波長又は波長帯の光を低損失で抽出できる。

【0016】各チャンネルに割り当てられた波長又は波長帯の両側の波長を第1及び第2の反射手段により反射することで、各チャンネルにおいて、各チャンネルに割り当てられた波長又は波長帯のみを抽出でき、合波の段階でチャンネル間に漏れ込みがあったとしても、伝送特性に悪影響を及ぼさない。即ち、ポート間に多少の漏れ込みがある合波手段も利用可能になる。

【0017】当該第1及び第2の反射手段が当該波長分割多重光の個々の波長を反射する1以上の反射素子からなることにより、伝送特性に悪影響を与える他の波長成分を効果的に除去できる。反射素子をグレーティング構造とすることで、シャープな反射特性を得られる。

【0018】当該第1の反射手段が、割り当てられた波長又は波長帯の一方の側の隣接する1以上の波長を反射し、第2の反射手段が、当該割り当てられた波長又は波長帯の他方の側の隣接する1以上の波長を主として反射するようにすることで、少数の反射素子で、合波の際に悪影響を与える隣接チャンネル間の漏れ込みの影響を抑圧できる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0020】図1は、本発明の一実施例の概略構成プロ

ック図を示す。20は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号を波長分割多重された光信号をnチャンネルに分波する分波器である。分波器20は、AWGのように、入力する波長分割多重光を個別の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に分離する手段であっても、入力する波長分割多重光を単純にn個に分割する手段であってもよいが、ここでは、AWGを使用し個別波長に分離するものであるとする。分波器20による分波後の、各チャンネル#1~#nには、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ が割り当てられているものとする。即ち、チャンネル#iには、波長 λ_i が出力されるが、分波器20の波長分離性能によりある程度、別の波長も入り込む。

【0021】分波器20のチャンネル#1~#nから出力される光は、それぞれ、波長選択フィルタ22-1~22-nに入射する。波長選択フィルタ22-1~22-nは、各チャンネル#1~#nに割り当てられた波長に隣接する波長をほぼ完全にブロック（ここでは、反射）するフィルタ素子であり、本実施例では、1又は2のシリアル接続されたファイバ・グレーティングからなる。従って、波長選択フィルタ22-1~22-nは、各チャンネル#1~#nに割り当てられた波長を実質的に無損失で透過する。

【0022】図2は、波長選択フィルタ22-1~22-nの透過波長特性を示す。図2(a)は、合波器20の入力光のスペクトラム、同(b)はフィルタ22-1の透過波長特性、同(c)はフィルタ22-2の透過波長特性、同(d)はフィルタ22-iの透過波長特性、同(e)はフィルタ22-nの透過波長特性をそれぞれ示す。

【0023】図2にから分かるように、一般的には、波長選択フィルタ22-iは、波長 λ_{i-1} を完全反射するファイバ・グレーティング24と波長 λ_{i+1} を完全反射するファイバ・グレーティング26からなる。両端のチャンネル#1, #nは、その外側の波長光を除く必要が無いので、波長選択フィルタ22-1は、波長 λ_2 を完全反射するファイバ・グレーティング28のみからなり、波長選択フィルタ22-nは、波長 λ_{n-1} を完全反射するファイバ・グレーティング30のみからなる。

【0024】ファイバ・グレーティングは、数nmという極く狭い波長範囲を選択的に完全反射することが可能であり、フィルタとしての切れが非常によい。しかも、反射波長からずれた波長については、実質的に無損失で透過する。従って、図1に示すように、反射波長の異なるファイバロ・グレーティングを縦続接続しても、そのチャンネルに割り当てられている波長は、ほぼ無損失で透過できる。

【0025】波長選択フィルタ22-1~22-nを透過した光は、波長分散補償ファイバ32-1~32-nに入射する。波長分散ファイバ32-1~32-nはそれぞれ、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長分散を補償するように設計されており、対応する波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長分散を補償す

る。

【0026】合波器（波長多重器）34は、分散補償ファイバ32-1~32-nの出力光を合波（波長多重）する。合波器34の出力光は、分波器20の入力光に含まれる各波長光の波長分散を個別に補償した光の波長分割多重光になっている。合波器34の隣接する入力ポートに入力する光は、波長選択フィルタ22-1~22-nにより、同じ波長成分が完全に除去されているので、ポート間の漏れ込みが少なからず存在する合波器34を使用しても、合波器34による伝送特性の劣化を防止できる。

【0027】合波器34として各入力ポートの入力光を単純に加算する素子を使用する場合、又は、離れた入力ポート間でも漏れ込みがある場合には、離れたチャンネル間にも同じ波長成分が存在しないようにする必要がある。このためには、波長選択フィルタ22-1~22-nを、そのチャンネルに割り当てられた波長以外の波長を全て反射するようにツファイバ・グレーティングを縦続接続すればよい。図3は、チャンネル#iの波長選択フィルタ22-iを、波長 λ_i 以外の波長を全て反射するように変更した構成のブロック図を示す。即ち、波長 λ_1 から波長 λ_{i-1} をそれぞれ反射するファイバ・グレーティング36~38、及び波長 λ_{i+1} から波長 λ_n をそれぞれ反射するファイバ・グレーティング40~42を縦続接続する。このように変更した波長選択フィルタ22-1~22-nの透過波長特性を図4に示す。

【0028】単一波長を反射する素子としては、ファイバ・グレーティング以外にも多層反射膜構造を使用できる。通過波長帯又は遮断波長帯をある程度の幅にしようとする、製造が困難になり、シャープなカットオフ特性を得にくい、単一波長を反射するのであれば、容易に高性能な反射素子を製造できる。この点では、各チャンネルに、複数の波長を含む波長帯を割り当てるよりも、単一の波長を割り当てた方が、波長分離が容易になる。

【0029】次に、それぞれ20Gb/sの2波長を、9,000km伝送する光ソリトン伝送システムで、個々の波長の累積波長分散を補償する分散補償装置に適用した実施例を説明する。図5は、2波長を波長分割多重伝送する光ファイバ・ソリトン伝送システムの実施例の概略構成ブロック図を示す。送信局60では、光送信装置62、64がそれぞれ波長 λ_1 、 λ_2 の20GB/sの光ソリトン・パルスを出力し、合波器66が光送信装置62、64の出力光を合波して光ファイバ伝送路に出力する。光ファイバ伝送路は、多数の伝送用光ファイバ68を光増幅器70でを介して接続した構成からなり、適宜の間隔で累積波長分散を補償する分散補償ファイバ72、74が挿入されている。この実施例では、分散補償ファイバ72、74は、波長 λ_1 に対して累積波長分散をゼロにするように設計されている。更に、適当な間隔

で、図1に示す実施例で説明したような、個別波長（ここでは、 λ_2 ）の累積波長分散を補償する分散補償装置76を挿入してある。

【0030】図5に示す実施例では、波長 λ_1 を1557.2nm、波長 λ_2 を1560.0nmとした。伝送用光ファイバ68は例えば35kmであり、距離に対する波長分散は波長 λ_1 に対して0.46ps/nm/km、波長 λ_2 に対して0.68ps/nm/kmである。分散補償ファイバ72は波長 λ_1 に対して-56ps/nmの波長分散を与え、分散補償ファイバ74は、波長 λ_1 に対して-71ps/nmの波長分散を与える。分散補償ファイバ74は波長 λ_1 に対して最適化されている。個別波長の分散補償装置76は、約300km間隔で設置される。

【0031】図6は、分散補償装置76の分散補償周期における累積波長分散と距離との関係を示す模式図である。縦軸は累積波長分散を示し、横軸は距離を示す。送信局60（又は、分散補償装置76）の出力端では、波長 λ_1 、 λ_2 共に累積波長分散はゼロであるが、距離に従い各波長の増加率で累積波長分散が増大する。最初の分散補償ファイバ72により、波長 λ_1 、 λ_2 の累積波長分散は共に56ps/nm減少し、その後、再び波長 λ_1 、 λ_2 共に累積波長分散が増大する。2つ目の分散補償ファイバ74により、波長 λ_1 、 λ_2 の累積波長分散は共に71ps/nm減少し、その後再び波長 λ_1 、 λ_2 共に累積波長分散が増大する。分散補償ファイバ72、74が波長 λ_1 に対して最適化されているので、約300km伝送した点、即ち分散補償装置76の入力端では、波長 λ_1 の累積波長分散はゼロになっている。しかし、波長 λ_2 の累積波長分散は約64ps/nmある。分散補償装置76は、この波長 λ_2 の累積波長分散のみを補償して、ゼロにする。分散補償装置76の構成は後述数R。

【0032】このようにして、分散補償ファイバ72、74により波長 λ_1 に対して累積波長分散を補償しつつ、分散補償ファイバ72、74で補償し切れない波長 λ_2 の累積波長分散を分散補償装置76で個別に且つ周期的に補償する。

【0033】受信局78では、波長分離装置80が、光伝送路からの波長分割多重光を各波長 λ_1 、 λ_2 に分離し、復調装置82、84が各波長 λ_1 、 λ_2 の受信光を復調する。

【0034】周回実験の結果、分散補償装置76により波長 λ_2 の残存波長分散をほぼゼロにすることができ、ソリトン伝送のゴードンハウス・タイミング・ジッタをほぼゼロにでき、2波長、20Gb/s、9000km伝送が可能になった。

【0035】図7は、分散補償装置76の具体的な構成例を示す。基本的には、図1に示す実施例を2波長用に簡略化した構成になっている。

【0036】3dBカップラ110は、波長 λ_1 、 λ_2 の波長分割多重光を2分割し、一方を光バンドパス・フィルタ(OBPF)112に、他方を光バンドパス・フィルタ114に印加する。光バンドパス・フィルタ112、114は2次のバターワース・フィルタからなり、それぞれ、波長 λ_1 、 λ_2 を透過するように設計製造されている。半値幅は3nm、2.8nm離れた波長でのロスは一15dBである。この程度の分離能力では、クロストークにより3000km程度しか伝送できない。

【0037】本実施例では更に、光バンドパス・フィルタ112の出力には、波長 λ_2 を反射するファイバ・グレーティング116a、116bをカスケード接続した光バンド・リジエクシオン・フィルタ(OBRF)116を接続し、光バンドパス・フィルタ114の出力には、波長 λ_1 を反射するファイバ・グレーティング118a、118bをカスケード接続した光バンド・リジエクシオン・フィルタ118を接続してある。光バンド・リジエクシオン・フィルタ116により、波長 λ_1 のチャンネルから波長 λ_2 の成分を50dB以上、除去でき、また、波長 λ_2 のチャンネルから波長 λ_1 の成分を50dB以上、除去できる。

【0038】図8は、光バンドパス・フィルタ112及び光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の透過特性を示す。光バンドパス・フィルタ112は非常になだらかな波長特性を示す。他方、ファイバ・グレーティングでは急峻な反射波長特性を得られるので、その2段接続により、光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の半値幅は約1nmと非常に狭くなり、しかも急峻な波長特性を示す。図9は、光バンドパス・フィルタ112の透過特性と光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の透過特性を合成した透過特性を示す。隣接波長 λ_2 のロスが50dBにもなっていることが分かる。

【0039】光バンドパス・フィルタ114及び光バンド・リジエクシオン・フィルタ118も、波長 λ_1 、 λ_2 の関係が逆になるだけで、基本的に、光バンドパス・フィルタ112及び光バンド・リジエクシオン・フィルタ116と同じである。図10は、光バンドパス・フィルタ114の透過特性と光バンド・リジエクシオン・フィルタ118の透過特性を合成した透過特性を示す。

【0040】光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の出力光は、波長 λ_1 に対してゼロ分散になるように設計された分散シフト・ファイバ120を介して、合波手段となる3dBカップラ124に入力する。他方、光バンド・リジエクシオン・フィルタ118の出力光は、波長 λ_2 に対して -64ps/nm の波長分散を与える分散補償ファイバ122を介して、合波手段となる3dBカップラ124に入力する。分散シフト・ファイバ120は設けなくてもよいが、分散補償ファイバ122とのバランス(損失及び遅延等)上で接続してある。3dBカップラ124は、ファイバ120、122からの光

を合波して、出力する。

【0041】図11は、分散補償装置76全体の光透過特性を示す。波長 λ_1 と波長 λ_2 の間に透過率が小さくなる部分がある。従来例のように、光BPF112、114のみとした場合には、波長 λ_1 と波長 λ_2 の中間が最も高い透過率になることもあり、クロストークが大きくなって、9000kmもの長距離伝送は実現できない。

【0042】次に、3波長用の分散補償装置の実施例を説明する。図12は、その概略構成ブロック図を示す。

波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の波長分割多重光を3dBカップラ130により2分割し、一方の出力光を3dBカップラ132に供給して更に2分割し、他方の出力光を光バンドパス・フィルタ134に供給する。3dBカップラ132におり2分割されたそれぞれの光は、光バンドパス・フィルタ136、138に印加される。

【0043】光バンドパス・フィルタ134、136、138は2次のバターワース・フィルタからなり、それぞれ、半値幅は3nmで波長 λ_2 、 λ_3 、 λ_1 を透過するように設計製造されている。光バンドパス・フィルタ134、136、138の出力光は、それぞれ光増幅器140、142、144を介して、光バンドパス・フィルタ146、148、150に印加される。光増幅器140、142、144の前段にそれぞれのチャンネルの波長成分を抽出する光バンドパス・フィルタ134、136、138を設けることで、光増幅器140、142、144の増幅利得を大きくできる。

【0044】光バンドパス・フィルタ146の出力には、隣接するチャンネルの波長 λ_1 及び λ_3 を選択的に反射する光バンド・リジエクシオン・フィルタ152を接続する。光バンド・リジエクシオン・フィルタ152は、波長 λ_1 を反射する光ファイバ・グレーティングを2段カスケード接続した反射素子152aに、波長 λ_3 を反射する光ファイバ・グレーティングを2段カスケード接続した反射素子152bをカスケード接続した構成からなる。波長 λ_2 に対して波長 λ_1 及び λ_3 は共に隣接しているので、反射素子152a、152bとして図7の場合と同様にファイバ・グレーティングを2段接続して、除去性能を上げている。光バンド・リジエクシオン・フィルタ152により、隣接するチャンネルの波長 λ_1 、 λ_3 の信号光を50dB以上、抑圧できる。

【0045】光バンドパス・フィルタ148の出力には、隣接するチャンネルの波長 λ_1 及び λ_2 を選択的に反射する光バンド・リジエクシオン・フィルタ154を接続する。光バンド・リジエクシオン・フィルタ154は、波長 λ_2 を反射する光ファイバ・グレーティングを2段カスケード接続した反射素子154aに、波長 λ_1 を反射する光ファイバ・グレーティングからなる反射素子154bをカスケード接続した構成からなる。波長 λ_3 に対して波長 λ_2 は隣接しているので、反射素子154

aとして図7の場合と同様にファイバ・グレーティングを2段接続して、除去性能を上げているが、波長 λ_1 は隣の隣のチャンネルになり、少し離れているので、反射素子154bを1つの光ファイバ・グレーティングからなる構造とした。波長 λ_1 の成分は、光バンドパス・フィルタ136、148により既に大きく減衰しているからである。バンド・リジエクシオン・フィルタ154により、隣接するチャンネルの波長 λ_1 、 λ_2 の信号光を-50dB以下にできる。

【0046】光バンドパス・フィルタ150の出力には、隣接するチャンネルの波長 λ_2 及び λ_3 を選択的に反射する光バンド・リジエクシオン・フィルタ156を接続する。光バンド・リジエクシオン・フィルタ156は、波長 λ_2 を反射する光ファイバ・グレーティングを2段カスケード接続した反射素子156aに、波長 λ_3 を反射する光ファイバ・グレーティングからなる反射素子156bをカスケード接続した構成からなる。反射素子156aを2段の光ファイバ・グレーティングとし、反射素子156bを1つの光ファイバ・グレーティングとした理由は、光バンド・リジエクシオン・フィルタ154と同じである。光バンド・リジエクシオン・フィルタ154により、隣接するチャンネルの波長 λ_2 、 λ_3 の信号光を-50dB以下にできる。

【0047】光バンド・リジエクシオン・フィルタ152の出力光は、波長 λ_2 に対して-32ps/nmの波長分散を与える分散補償ファイバ158に入力し、光バンド・リジエクシオン・フィルタ154の出力光は、波長 λ_3 に対して-84ps/nmの波長分散を与える分散補償ファイバ160に入力し、光バンド・リジエクシオン・フィルタ156の出力光は、波長 λ_1 に対して16ps/nmの波長分散を与える単一モード・ファイバ162に入力する。

【0048】ここでは、35km長の分散シフト・ファイバを6本、中継増幅する約215kmを単位として、図12に示す分散補償装置を配置し、その215km内の中間に波長 λ_1 に対して-108ps/nmの分散補償ファイバを1つ配置してある光ファイバ伝送システムを想定している。215km内での各波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の累積波長分散の距離に対する変化を図13に示す。図13に示すように、各波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の各信号光の累積波長分散は、ファイバ158、160、162の出力段階でゼロになる。

【0049】3dBカップラ164は、ファイバ160、162の出力光を合波し、3dBカップラ166は、3dBカップラ164の出力光にファイバ158の出力光を合波し、その合波出力は、図示しない光ファイバ伝送路に供給される。

【0050】個別波長光の波長分散を補償する実施例を説明したが、本発明は、個別波長又は波長帯を別個に処理する他の用途(例えば、ソリトン伝送用同期変調器、

利得等化及び過飽和吸収素子(ノイズ除去)等)にも適用できることは明らかである。また、ファイバ素子を使用する実施例として説明したが、プレーナ光回路、その他の形態の光素子としても実施可能であることもまた、明らかである。

【0051】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、波長分割多重光の波長分離して個別処理した後、再び波長多重する場合に、処理過程の異なる同一波長光が合波されてしまうことを防止でき、波長分割多重伝送方式の伝送特性を大幅に改善できる。

【0052】従って、波長分割多重伝送方式で、単一波長伝送の場合とほぼ同程度の伝送特性を達成でき、多波長化により総伝送容量を大幅に増加できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 波長選択フィルタ22-1~22-nの透過波長特性図である。

20 【図3】 波長選択フィルタ22-iの変更例の概略構成ブロック図である。

【図4】 図3に示すように変更した波長選択フィルタ22-1~22-nの透過波長特性図である。

【図5】 2波長を波長分割多重伝送する光ファイバ・ソリトン伝送システムの実施例の概略構成ブロック図である。

【図6】 分散補償装置76の分散補償周期における累積波長分散と距離との関係を示す模式図である。

30 【図7】 分散補償装置76の概略構成ブロック図である。

【図8】 光バンドパス・フィルタ112及び光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の透過特性である。

【図9】 光バンドパス・フィルタ112の透過特性と光バンド・リジエクシオン・フィルタ116の透過特性を合成した透過特性である。

【図10】 光バンドパス・フィルタ114の透過特性と光バンド・リジエクシオン・フィルタ118の透過特性を合成した透過特性である。

40 【図11】 分散補償装置76全体の光透過特性である。

【図12】 3波長用の分散補償装置の実施例の概略構成ブロック図である。

【図13】 図12に示す分散補償装置を使った場合の、累積波長分散の距離による変化を示す模式図である。

【図14】 従来例の概略構成ブロック図である。

【符号の説明】

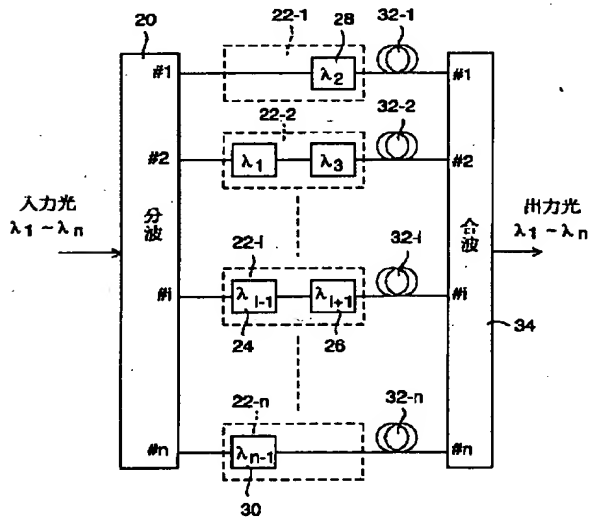
10 : 分波器

12-1~12-n : 帯域通過光フィルタ12-1~1

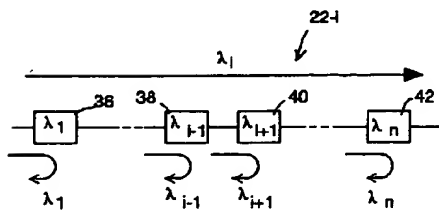
50 2-n

- 14～14-n: 波長分散補償ファイバ
 16: 合波器
 20: 分波器
 22-1～22-n: 波長選択フィルタ
 24, 26, 28, 30: ファイバ・グレーティング
 32-1～32-n: 波長分散補償ファイバ
 34: 合波器 (波長多重器)
 36, 38, 40, 42: ファイバ・グレーティング
 60: 送信局
 62, 64: 光送信装置
 66: 合波器
 68: 伝送用光ファイバ
 70: 光増幅器
 72, 74: 分散補償ファイバ
 76: 分散補償装置
 78: 受信局
 80: 波長分離装置
 82, 84: 復調装置
 110: 3 dBカップラ
 112, 114: 光バンドパス・フィルタ (OBPF)
 116: 光バンド・リジエクシオン・フィルタ (OBR

【図1】

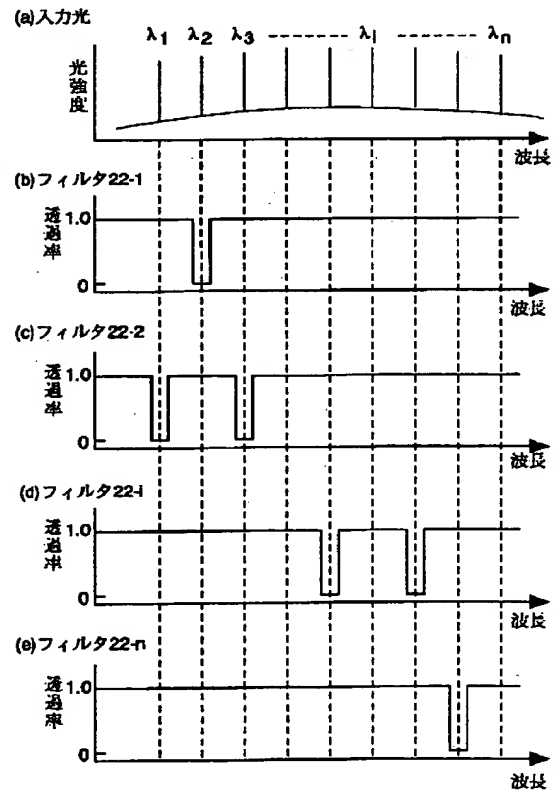


【図3】

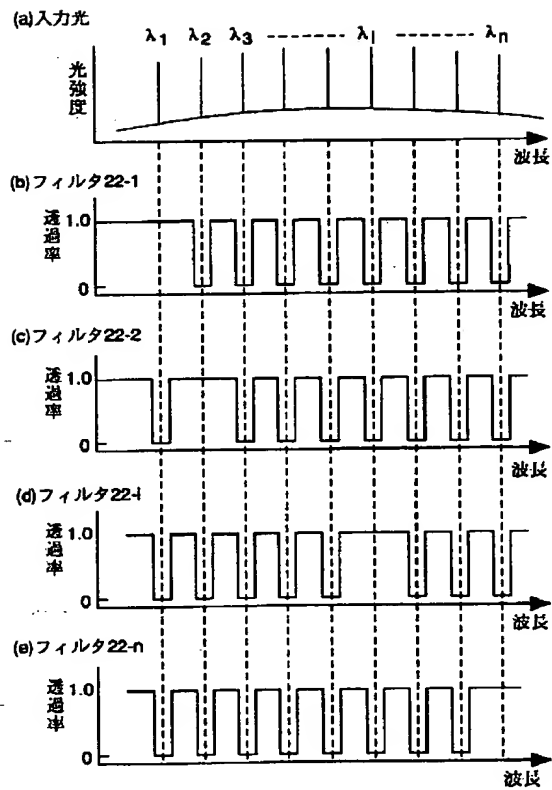


- F)
 116a, 116b: ファイバ・グレーティング
 118: 光バンド・リジエクシオン・フィルタ (OBR
 F)
 118a, 118b: ファイバ・グレーティング
 130, 132: 3 dBカップラ
 134, 136, 138: 光バンドパス・フィルタ
 140, 142, 144: 光増幅器
 146, 148, 150: 光バンドパス・フィルタ
 152: 光バンド・リジエクシオン・フィルタ
 152a: λ_1 反射素子
 152b: λ_3 反射素子
 154: 光バンド・リジエクシオン・フィルタ
 154a: λ_2 反射素子
 154b: λ_1 反射素子
 156: 光バンド・リジエクシオン・フィルタ
 156a: λ_2 反射素子
 156b: λ_3 反射素子
 158: 分散補償ファイバ
 160: 分散補償ファイバ
 162: 単一モード・ファイバ

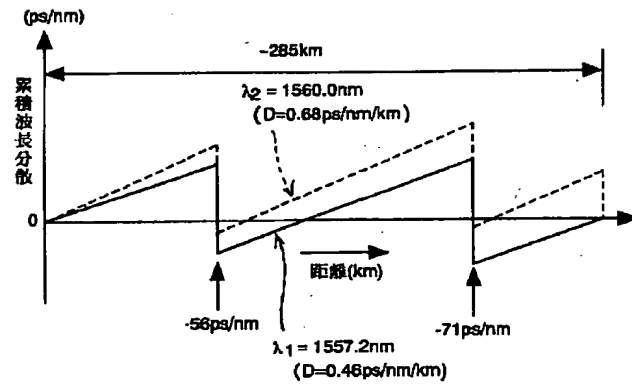
【図2】



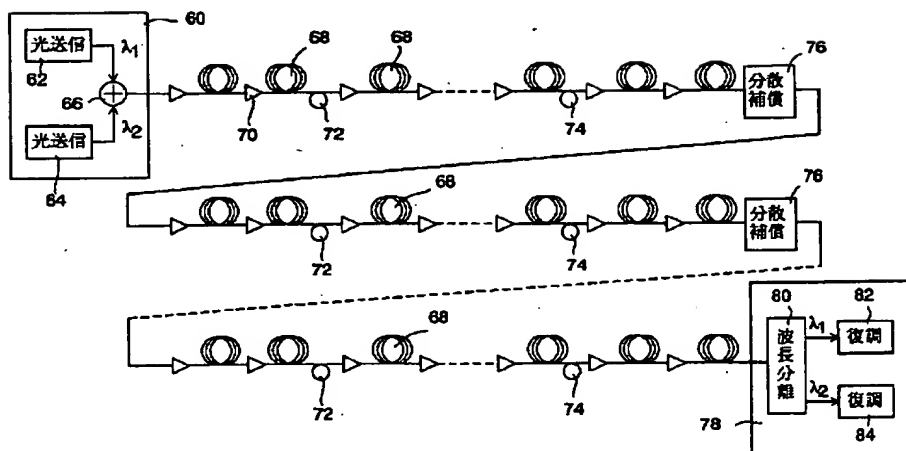
【図 4】



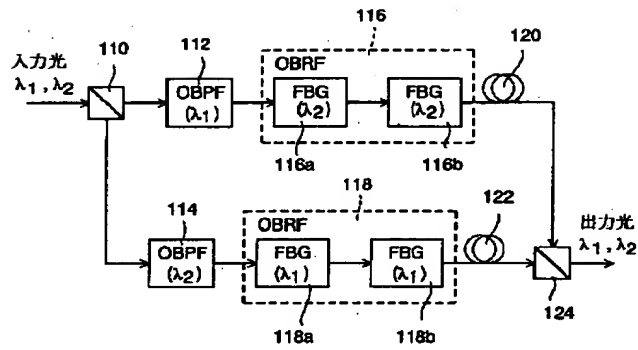
【図 6】



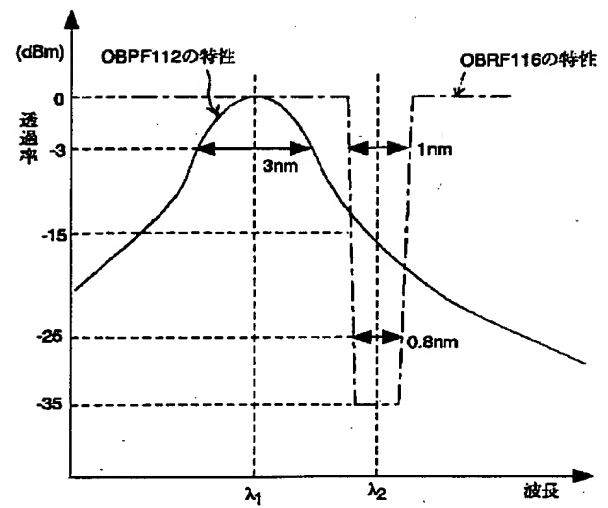
【図 5】



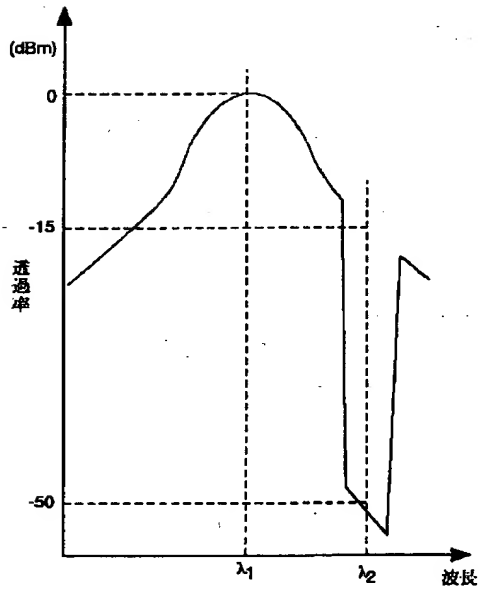
【図7】



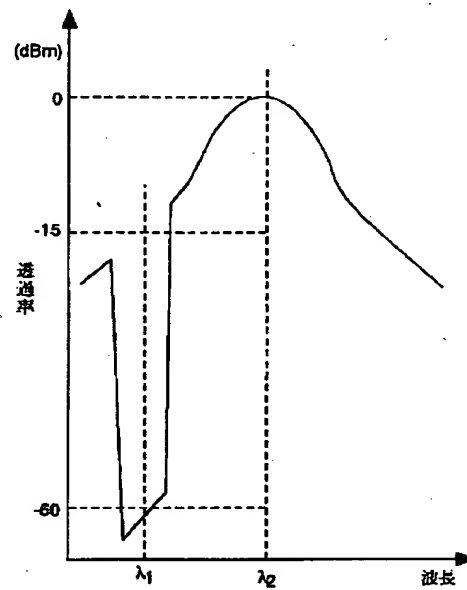
【図8】



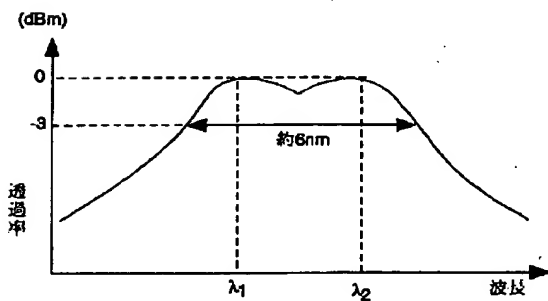
【図9】



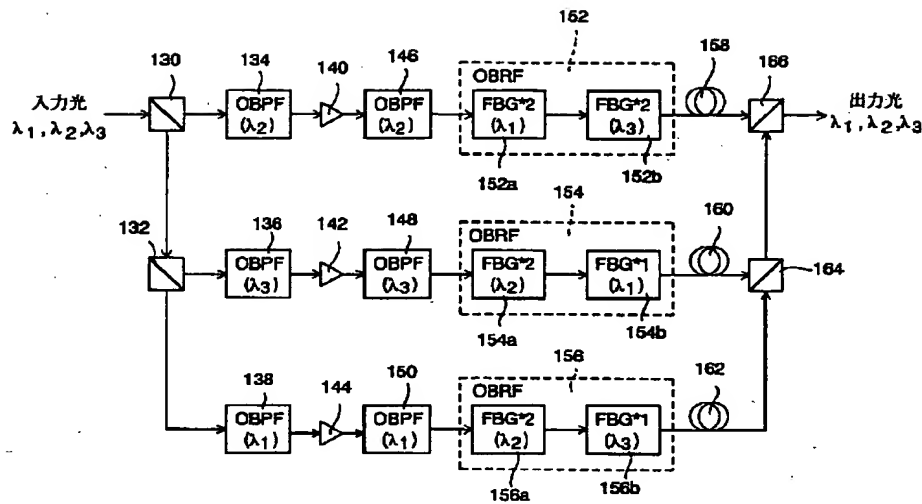
【図10】



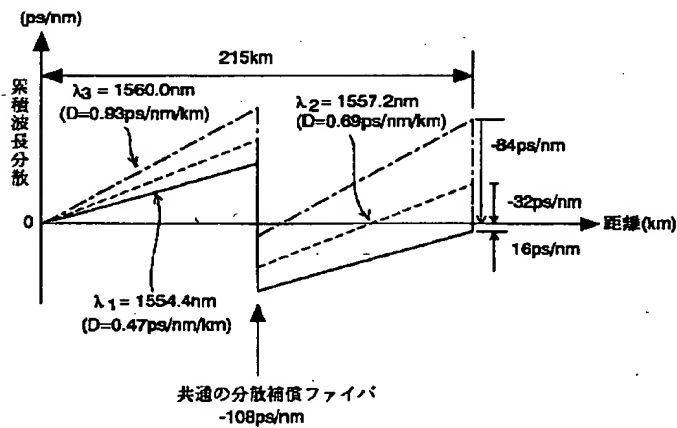
【図11】



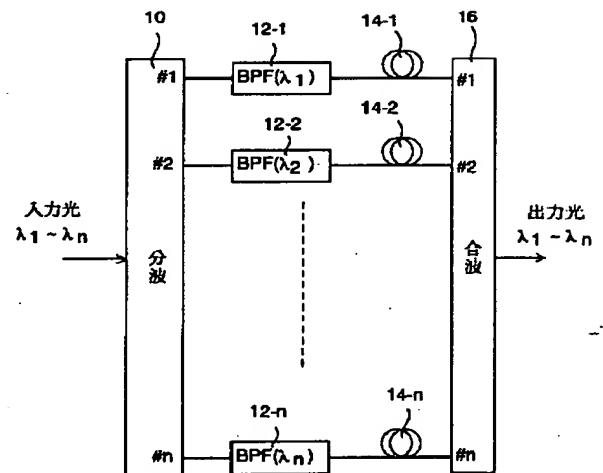
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H O 4 B 10/135

10/13

10/12

(72) 発明者 山本 周

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電
信電話株式会社内

(72) 発明者 秋葉 重幸

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電
信電話株式会社内